



⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 24 640 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 02 B 3/04
// G11B 7/00

⑳ Aktenzeichen: 199 24 640.8
㉔ Anmeldetag: 28. 5. 99
㉕ Offenlegungstag: 2. 12. 99

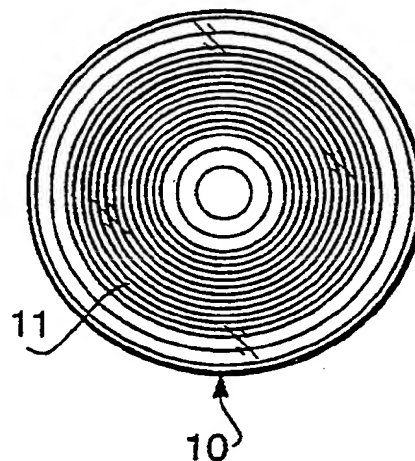
DE 199 24 640 A 1

③① Unionspriorität:
10-150361 29. 05. 98 JP
⑦① Anmelder:
Asahi Kogaku Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP
⑦④ Vertreter:
Schaumburg und Kollegen, 81679 München

⑦② Erfinder:
Maruyama, Koichi, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ **Objektivlinse für einen optischen Abnehmer**
⑤⑦ Eine Objektivlinse (10) hat eine brechende Linse mit positiver Brechkraft und ein Beugungsgitter (11) mit mehreren konzentrischen, ringförmigen Stufen, die an mindestens einer Linsenfläche der brechenden Linse ausgebildet sind. Die Objektivlinse (10) ist eine bikonvexe Kunststofflinse, deren erste und deren zweite Linsenfläche asphärisch sind. Das Beugungsgitter (11) ist an der ersten Linsenfläche der Objektivlinse (10) ausgebildet. Das Beugungsgitter (11) ähnelt einer Fresnellinse, d. h. sie besteht aus einer Vielzahl konzentrischer Ringe, die im Schnitt keilförmig ausgebildet sind. Die Grenze zwischen benachbarten Ringen bildet eine Stufe, die eine vorbestimmte optische Wegdifferenz vorgibt. Die Wellenlängenabhängigkeit des Beugungsgitters (11) ist so bemessen, daß die sphärische Aberration mit anwachsender Wellenlänge des auftreffenden Lichtes in der unterkorrigierten Richtung variiert.



DE 199 24 640 A 1

Die Erfindung betrifft eine Objektivlinse mit hoher numerischer Apertur, die in einem optischen Abnehmer eines für optische Platten bestimmten Gerätes, z. B. eines auf DVD-Platten, magneto-optische Platten etc. ausgelegten Gerätes angebracht ist. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Objektivlinse mit einem Beugungsgitter, das an einer Linsenfläche einer brechenden Linse ausgebildet ist.

Ein optischer Abnehmer eines Gerätes vorstehend genannter Art verwendet im allgemeinen eine einstückige, aus Kunststoff gefertigte Objektivlinse, deren beide Linsenflächen asphärisch sind. Kunststofflinsen haben den Vorteil, daß sie ein vergleichsweise ein geringes Gewicht haben und in einem Spritzgußverfahren relativ einfach herzustellen sind.

Kunststofflinsen haben jedoch auch folgende Nachteile. Der Hauptnachteil besteht darin, daß ihre Leistung signifikant von der Temperatur abhängt. So zeigt eine Kunststofflinse hinsichtlich ihres Brechungsindex eine höhere Sensitivität gegenüber der Temperatur sowie eine größere Wärmeausdehnung als eine Glaslinse. Beispielsweise nimmt der Brechungsindex der Kunststofflinse bei einem Temperaturanstieg ab, worauf sich die sphärische Aberration so ändert, daß sie überkorrigiert wird und in der Folge die Wellenfrontaberration ansteigt. Übersteigt die Wellenfrontaberration ein vorbestimmtes Toleranzniveau, so kann die Objektivlinse auf der optischen Platte keinen ausreichend kleinen Lichtpunkt erzeugen. Die eben erläuterte Sensitivität, die durch das Verhältnis der Variation des Brechungsindex zur Temperaturänderung angegeben wird, beträgt etwa $-10 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

Fig. 27 zeigt die Änderung der Wellenfrontaberration (Einheit: λ , Wellenlänge) gegenüber der numerischen Apertur, kurz NA, für eine Kunststofflinse (Brennweite: 3,0 mm bei einer Wellenlänge von 650 nm), wenn die Temperatur um 40°C ansteigt und der Brechungsindex sich um -400×10^{-6} ändert. Wie der Graph nach Fig. 27 zeigt, ist die Änderung der Wellenfrontaberration mit Änderung der Temperatur im wesentlichen proportional zur vierten Potenz von NA.

Die NA einer für ein CD-Gerät bestimmten Objektivlinse beträgt etwa 0,45 und das Toleranzniveau für die Wellenfrontaberration etwa $0,04 \lambda$. Dies erlaubt eine Temperaturvariation in einem Bereich von 90° , beispielsweise in einem Bereich von $30 \pm 40^{\circ}\text{C}$. Da dieser mit dem Toleranzbereich für die Wellenfrontaberration im Einklang stehender Temperaturbereich ausreichend groß ist, ist in einem CD-Gerät eine Verschlechterung der Wellenfrontaberration aufgrund einer Temperaturvariation nicht zu erwarten.

Andererseits beträgt die NA einer Objektivlinse für ein DVD-Gerät etwa 0,60 und für ein auf magneto-optische Platten ausgelegtes Gerät, kurz MO-Gerät, etwa 0,65, und der Toleranzpegel der Wellenfrontaberration liegt etwa bei $0,03 \lambda$. Bei einer Temperaturänderung von 40 oder 50°C übersteigt also in diesem Fall die Wellenfrontaberration das Toleranzniveau, wodurch Probleme beim Lesen und/oder Schreiben von Informationen auftreten können.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Objektivlinse für einen optischen Abnehmer anzugeben, welche die durch eine Temperaturänderung verursachte Änderung der Wellenfrontaberration verringert und so den Toleranzbereich für die Temperaturänderung erweitert, selbst wenn die Objektivlinse in einem DVD-Gerät oder einem MO-Gerät eingesetzt wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Objektivlinse mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Wie vorstehend erläutert, variiert die sphärische Aberration einer brechenden Linse mit positiver Brechkraft mit Temperaturanstieg in der überkorrigierten Richtung. Ein Halbleiterlaser, der im allgemeinen als Lichtquelle eines optischen Abnehmers (optischer Kopf, optische Abtast-/Aufnahmevorrichtung) verwendet wird, hat eine Temperaturabhängigkeit derart, daß die Wellenlänge des ausgesendeten Laserlichtes mit Temperaturanstieg anwächst. Bei einem Temperaturanstieg verändert die brechende Linse die sphärische Aberration in der überkorrigierten Richtung, während das Beugungsgitter die sphärische Aberration in der unterkorrigierten Richtung verändert, da die Wellenlänge des von dem Halbleiterlaser ausgesendeten Lichtes anwächst. Die durch die brechende Linse und das Beugungsgitter verursachten Änderungen der sphärischen Aberrationen können so gegeneinander ausgeglichen werden.

Die brechende Linse ist vorteilhaft eine Kunststofflinse. Auf diese Weise erhält man eine kostengünstige und leichtgewichtige Objektivlinse, auf die man in einfacher Weise ein Beugungsmuster einer Form übertragen kann. Da eine Linse mit hoher numerischer Apertur eine strikte Aberrationskorrektur erforderlich macht, verwendet man für eine solche Linse vorzugsweise eine doppelt asphärische Bikonvexlinse.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand der Figuren näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1A die Vorderansicht der erfindungsgemäßen Objektivlinse gemäß den nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispielen,

Fig. 1B die Seitenansicht der Objektivlinse,

Fig. 1C einen Ausschnitt aus Fig. 1B in vergrößerter Darstellung,

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 3A, 3B und 3C unterschiedliche Aberrationen des ersten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 4A, 4B und 4C die Aberrationen des ersten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 6A, 6B und 6C die unterschiedlichen Aberrationen des zweiten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 7A, 7B und 7C die Aberrationen des zweiten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 8 ein drittes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 9A, 9B und 9C die unterschiedlichen Aberrationen des dritten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 10A, 10B und 10C die Aberrationen des dritten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 11 ein viertes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 12A, 12B und 12C die unterschiedlichen Aberrationen des vierten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 13A, 13B und 13C die Aberrationen des vierten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 14 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 15A, 15B und 15C die unterschiedlichen Aberrationen des fünften Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 16A, 16B und 16C die Aberrationen des fünften Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 17 ein sechstes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 18A, 18B und 18C die unterschiedlichen Aberrationen des sechsten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 19A, 19B und 19C die Aberrationen des sechsten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 20 ein siebtes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 21A, 21B und 21C die unterschiedlichen Aberrationen der Objektivlinse des siebten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 22A, 22B und 22C die Aberrationen des siebten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 23 ein achttes Ausführungsbeispiel der Objektivlinse,

Fig. 24A, 24B und 24C die unterschiedlichen Aberrationen des achten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex,

Fig. 25A, 25B und 25C die Aberrationen des achten Ausführungsbeispiels bei Verringerung des Brechungsindex um 0,004 gegenüber dem Standardwert,

Fig. 26 die Abhängigkeit der Wellenfrontaberration von der Temperatur bei unterschiedlichen Wellenlängen für die Objektivlinse des fünften Ausführungsbeispiels und

Fig. 27 die Variation der Wellenfrontaberration einer herkömmlichen Objektivlinse aus Kunststoff, deren Brennweite bei einer Wellenlänge von 650 nm den Wert 3,0 mm hat, für einen Temperaturanstieg von 40°C mit der numerischen Apertur als Parameter.

Die Fig. 1A, 1B und 1C zeigen eine Objektivlinse 10 gemäß den nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispielen der Erfindung. Fig. 1A ist eine Vorderansicht,

Fig. 1B eine Seitenansicht und Fig. 1C ein vergrößerter Ausschnitt der Seitenansicht. Die Objektivlinse 10 ist für einen optischen Abnehmer (Abtast- Aufnahmeverrichtung) eines auf optische Platten ausgelegten Gerätes verwendbar, wie es beispielsweise ein DVD-Gerät oder ein MO-Gerät darstellt. DVD steht hierbei für die englische Bezeichnung "digital versatile disc". Die Objektivlinse 10 bündelt das auf sie treffende Licht, das von einem Halbleiterlaser als Lichtquelle ausgesendet wird, auf eine optische Platte.

Die Objektivlinse 10 ist eine bikonvexe Kunststofflinse, deren erste Linsenfläche 11 und deren zweite Linsenfläche 12 asphärisch sind. An der ersten Linsenfläche 11 der Objektivlinse 10 ist ein Beugungsgitter ausgebildet. Das Beugungsgitter ähnelt einer Fresnellinse, es besteht also aus einer Vielzahl konzentrischer Ringe, die jeweils im Schnitt keilförmig sind. Die Grenze zwischen jeweils zwei benachbarten Ringen wird von einer Stufe gebildet, die eine vorbestimmte optische Wegdifferenz vorgibt.

Das Beugungsgitter hat eine Wellenlängenabhängigkeit derart, daß die sphärische Aberration mit Ansteigen der Wellenlänge des auftretenden Lichtes in der unterkorrigierten Richtung variiert. Die Wellenlänge des aus einem Halbleiterlaser stammenden Laserstrahls wächst mit steigender Temperatur an, wobei das Variationsverhältnis etwa 0,2 nm/°C beträgt. Steigt beispielsweise die Temperatur um 40°C, so wächst die Wellenlänge des ausgesendeten Laserstrahls um 8 nm an.

Andererseits variiert auch der Brechungsindex der brechenden Linse mit der Temperatur, wodurch die sphärische Aberration verändert wird. Die sphärische Aberration einer positiven brechenden Linse variiert mit Temperaturanstieg in der überkorrigierten Richtung.

Steigt die Temperatur an, so verändert die brechende Linse die sphärische Aberration in der überkorrigierten Richtung, während das Beugungsgitter die sphärische Aberration in der unterkorrigierten Richtung verändert, da die Wellenlänge des von dem Halbleiterlaser ausgesendeten Lichtes ansteigt. Die durch die brechende Linse und das Beugungsgitter verursachten Änderungen der sphärischen Aberration können so gegeneinander ausgeglichen werden.

Eine durch ein Beugungsgitter zusätzlich verursachte optische Weglänge wird durch folgende optische Wegdifferenzfunktion $\Phi(h)$ ausgedrückt:

$$\Phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

worin P_2 , P_4 und P_6 Beugungskoeffizienten zweiter, vierter und sechster Ordnung bezeichnen, und h die Höhe über der optischen Achse sowie λ die Wellenlänge des auftretenden Lichtes angibt. Die Funktion $\Phi(h)$ gibt die optische Wegdifferenz zwischen einem imaginären Strahl, der durch das Beugungsgitter nicht gebeugt werden soll, und einem von dem Beugungsgitter gebeugten, tatsächlichen Strahl an einem Punkt des Gitters an, an dem die Höhe über der optischen Achse gleich h ist. In einem solchen Ausdruck stellt ein negativer Wert des Koeffizienten P_2 zweiter Ordnung eine positive Paraxialwirkung (Breckkraft) des Beugungsgitters dar. Die negative Wirkung (Breckkraft) wächst mit Ansteigen des Abstandes von der optischen Achse an, wenn der Koeffizient P_4 vierter Ordnung größer als Null ist.

Die tatsächliche mikroskopische Form des Beugungsgitters ist entsprechend einer Fresnellinse definiert, die eine große Anzahl konzentrischer Ringe hat. Die tatsächliche Form $\Phi(h)$ ergibt sich durch Subtrahieren von $\lambda \times m$ (m : ganze Zahl) von $\Phi(h)$ wie folgt:

$$\Phi'(h) = (\text{MOD}(P_2 h^2 + P_4 h^4 + \dots + C, 1) - C) \times \lambda$$

C gibt eine Konstante an, die eine Phase an einer Grenze zwischen benachbarten Ringen festlegt ($0 \leq C \leq 1$). Die Funktion MOD(x, y) gibt den Rest an, wenn x durch y geteilt wird. MOD($P_2 h^2 + P_4 h^4 + \dots + \text{Const}, 1$) ist an der Grenze gleich Null. Das Beugungsgitter ist an der Basiskurve ausgebildet. Neigungen und Stufen der Ringbereiche sind so entworfen, daß die optischen Wegdifferenzen durch $\Phi'(h)$ festgelegt sind.

Die Objektivlinse 10 erfüllt folgende Bedingung (1):

$$-75,0 < P_4 \times (h_{\max})^4 / (f \times \text{NA}^4) \leq 25,0 \quad (1)$$

worin h_{\max} die maximale Höhe über der optischen Achse im effektiven Durchmesser, NA die numerische Apertur und f die gesamte Brennweite der brechenden Linse und des Beugungsgitters bezeichnet.

Ist die Bedingung (1) erfüllt, so kann die durch die Änderung des Brechungsindex verursachte Variation der sphärischen Aberration der brechenden Linse in effizienter Weise durch die durch die Wellenlängenänderung verursachte Variation der sphärischen Aberration des Beugungsgitters ausgeglichen werden. Wird der mittlere Term der Bedingung (1) kleiner als $-75,0$, so wird die durch die Wellenlängenverschiebung verursachte Variation der sphärischen Aberration zu groß. Da die Laserwellenlänge des Halbleiterlasers infolge individueller Unterschiede eine Toleranz von etwa ± 10 nm hat, verhindert die große Variation der sphärischen Aberration die Verwendung eines Halbleiterlasers, dessen Laserwellenlänge von der Standardwellenlänge abweicht. Dies erfordert eine Auswahl des Halbleiterlasers, welche die Ausbeute verringert. Es ist deshalb wünschenswert, daß die durch das Beugungsgitter verursachte Kompensationswirkung der sphärischen Aberration kurz ist.

Übersteigt andererseits der mittlere Term der Bedingung (1) den Wert $-25,0$, so wird die durch die Wellenlängenverschiebung verursachte Variation der sphärischen Aberration zu klein, um die durch die Änderung des Brechungsindex verursachte Variation der sphärischen Aberration auszugleichen. Der am besten geeignete Wert für den mittleren Term der Bedingung (1) beträgt etwa -55 , wenn die sphärische Aberration in Abhängigkeit der durch die Temperaturänderung verursachten Wellenlängenverschiebung des Halbleiterlasers von etwa $0,2 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ variiert.

Die Wellenlängenverschiebung des Lasers infolge der Temperaturänderung verändert die hintere Schnittweite oder Bildschnittweite (Brennpunktschnittweite) der Objektivlinse, wodurch Fokussierfehler verursacht werden. Da die Variationen der sphärischen Aberrationen ausgeglichen sind, verschlechtert diese Wellenlängenverschiebung die Wellenfrontaberration nicht. Da sich die hintere Schnittweite mit Änderung der Temperatur nur sehr langsam ändert, kann der Fokussierfehler durch einen in dem optischen Abnehmer vorgesehenen Scharfstellmechanismus korrigiert werden.

Andererseits ändert sich die Wellenlänge des Lasers durch Schalten des Laserausgangs während der Aufzeichnung in dem MO-Gerät sehr schnell. Da diese schnelle Wellenlängenverschiebung keine Temperaturänderung mit sich bringt, wird die durch das Beugungsgitter verursachte Variation der sphärischen Aberration nicht durch die Änderung des Brechungsindex der brechenden Linse ausgeglichen. Unter diesem Gesichtspunkt ist es wünschenswert, daß die durch das Beugungsgitter verursachte Kompensationswirkung der sphärischen Aberration kurz ist. Es ist nämlich wünschenswert, daß die sphärische Aberration der brechenden Linse durch das Beugungsgitter nicht vollständig kompensiert wird.

Die schnelle Wellenlängenverschiebung verursacht einen Fokussierfehler, der durch den Scharfstellmechanismus nicht vollständig korrigiert werden kann. Es ist deshalb wünschenswert, die Bewegung des Brennpunktes zu verringern.

Die Bewegung des Brennpunktes kann dadurch verringert werden, daß die longitudinale chromatische Aberration im allgemeinen korrigiert wird. Da jedoch das erläuterte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Objektivlinse eine Wellenlängenabhängigkeit hinsichtlich der sphärischen Aberration hat, führt eine perfekte Korrektur der longitudinalen chromatischen Aberration auf der anderen Seite zu einer stärkeren Bewegung der besten Scharfstell- oder Fokusposition. Die Korrektur der chromatischen Aberration sollte deshalb mit der durch die Wellenlängenverschiebung verursachten Variation der sphärischen Aberration ins Gleichgewicht gebracht werden.

Zu diesem Zweck haben die brechende Linse und das Beugungsgitter bei dem erläuterten Ausführungsbeispiel eine longitudinale chromatische Gesamtaberration derart, daß die hintere Schnittweite mit Anstieg der Wellenlänge des auftretenden Lichtes anwächst und folgende Bedingung (2) erfüllt ist:

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (2)$$

worin ΔCA die Bewegung des paraxialen Brennpunktes mit der Wellenlänge und ΔSA die Variation der sphärischen Aberration für die Randstrahlen mit der Wellenlängenverschiebung ist.

Ist die Bedingung (2) erfüllt, so wird durch das Anwachsen der Wellenlänge der paraxiale Brennpunkt von der Linse weg und der Brennpunkt für die Randstrahlen zu der Linse hin bewegt. Ist die sphärische Aberration für die Standardwellenlänge λ_0 nahezu korrigiert, so befindet sich der paraxiale Brennpunkt bei der größeren Wellenlänge λ_1 ($> \lambda$) weiter von der Linse entfernt als der paraxiale Brennpunkt bei der Standardwellenlänge λ_0 . In entsprechender Weise befindet sich der Brennpunkt für die Randstrahlen bei der größeren Wellenlänge λ_1 näher an der Linse als der paraxiale Brennpunkt bei der Standardwellenlänge λ_0 . Die Bewegung der besten Fokusposition, die das Mittel aus dem paraxialen Brennpunkt und dem Brennpunkt für die Randstrahlen ist, kann so verringert werden.

Noch vorteilhafter ist es, wenn die folgende Bedingung (2') erfüllt ist. Die obere Grenze $-0,5$ ist so festgelegt, daß die Anzahl der Ringe des Beugungsgitters zur Steigerung der Beugungseffizienz minimiert ist. Dagegen ist die untere Grenze $-0,7$ so festgelegt, daß der auf die Objektivlinse auftreffende Laserstrahl die Intensitätsverteilung eines Gaußschen Strahls hat.

$$-0,7 < \Delta CA / \Delta SA < -0,5 \quad (2')$$

Die Objektivlinse 10 erfüllt weiterhin folgende Bedingung (3), um so die durch die schnelle Wellenlängenverschiebung verursachte Bewegung der besten Fokusposition zu verringern.

$$40,0 < f_D/f < 140,0 \quad (3)$$

Dabei ist f die Gesamtbrennweite der Objektivlinse und f_D die Brennweite des Beugungsgitters, die durch folgende Gleichung festgelegt ist:

$$f_D = 1/(-P_2 \times 2\lambda)$$

Die Bedingung (3) legt die Kompensationswirkung für die longitudinale chromatische Aberration fest. Bekanntlich ist ein der Abbe-Zahl entsprechender Wert für eine Beugungslinse für gewöhnlich negativ. Das negative Vorzeichen dieses Wertes spiegelt dabei den entgegengesetzten Sinn der Dispersion verglichen mit der von brechenden Linsen wieder, während sein kleiner Betrag ein Zeichen starker Dispersion ist. Durch Verwendung eines Beugungsgitters mit kleiner positiver Wirkung in Verbindung mit der brechenden Linse kann so die chromatische Aberration kompensiert werden.

Ist die Bedingung (3) erfüllt, kann die durch die schnelle Wellenlängenverschiebung verursachte Bewegung der besten Fokusposition verringert werden, wobei der Kompensationseffekt bezogen auf die durch die Temperaturänderung verursachte sphärische Aberration erhalten bleibt.

Im folgenden werden acht Ausführungsbeispiele erläutert, die den vorstehend beschriebenen Aufbau haben. Die Ausführungsbeispiele 1 bis 4 zeigen Objektivlinsen, die in einem optischen Abnehmer eines DVD-Geräts verwendet werden, welches für eine mit einer 0,6 mm starken Deckschicht versehene optische Platte ausgelegt ist. Die Ausführungsbeispiele 5 bis 8 zeigen Objektivlinsen, die in einem optischen Abnehmer eines MO-Geräts verwendet werden, welches für eine mit einer 1,2 mm starken Deckschicht versehene optische Platte ausgelegt ist. In allen Ausführungsbeispielen ist das Beugungsgitter an der ersten Linsenfläche ausgebildet.

Ausführungsbeispiel 1

Fig. 2 zeigt die Objektivlinse 10 gemäß Ausführungsbeispiel 1 sowie die Deckschicht D der optischen Platte. Die zugehörigen numerischen Konstruktionsdaten sind in Tabelle 1 angeführt. Die Linsenflächen #1 und #2 gehören zu der Objektivlinse 10 und die Linsenflächen #3 und #4 zu der Deckschicht D.

In Tabelle 1 bezeichnet NA die numerische Apertur, f (Einheit: mm) die Gesamtbrennweite, f_D (Einheit: mm) die Brennweite des Beugungsgitters, ω (Einheit: Grad) den halben Bildwinkel, λ (Einheit: nm) die Wellenlänge, h_{\max} (Einheit: mm) die maximale Höhe über der optischen Achse im effektiven Durchmesser, r (Einheit: mm) den Krümmungsradius einer Linsenfläche (wobei sich für asphärische Flächen die Werte auf den Scheitel beziehen), d (Einheit: mm) den Abstand zwischen den Linsenflächen längs der optischen Achse, $n\lambda$ den Brechungsindex bei der Wellenlänge λ und v_d die Abbe-Zahl. Der Brechungsindex ist für eine Standardtemperatur, z. B. 25°C, festgelegt.

Die Basiskurve der ersten Linsenfläche 11 (Linsenfläche #1) ist asphärisch. Sie ist als Form der das Beugungsgitter nicht enthaltenden brechenden Linse definiert. Die zweite Linsenfläche 12 (Linsenfläche #2) ist ebenfalls asphärisch. Eine asphärische Linsenfläche kann durch folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$X(h) = \frac{h^2 c}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2 c^2}} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12}$$

$X(h)$ ist ein SAG, d. h. der Abstand einer Kurve von einer Tangentialebene, die an einem Punkt auf der Linsenfläche anliegt, an dem die Höhe über der optischen Achse h ist. C ist die Krümmung ($1/r$) des Scheitels der Linsenfläche. K ist die Kegelschnittkonstante, und A_4 , A_6 , A_8 , A_{10} und A_{12} sind Asphäritätskoeffizienten vierter, sechster, achter, zehnter bzw. zwölfter Ordnung. Die Kegelschnittkonstante K und die Asphäritätskoeffizienten A_4 bis A_{12} der ersten und der zweiten Linsenfläche der Objektivlinse 10 sind in Tabelle 2 angeführt.

In Tabelle 2 finden sich weiterhin Koeffizienten zweiter, vierter, sechster, achter und zehnter Ordnung P_2 , P_4 , P_6 , P_8 , P_{10} der optischen Wegdifferenzfunktion $\Phi(h)$, durch die das Beugungsgitter definiert ist.

Tabelle 1

NA 0,6 $f=3,00$ mm $f_D=155,49$ mm $\omega=1,1^\circ$ $\lambda=650$ nm $h_{\max}=1,80$ mm

Fläche Nummer	r	d	n650	vd
#1	1,954	2,287	1,54082	55,6
#2	-6,293	1,372		
#3	∞	0,600	1,58030	29,9
#4	∞			

Tabelle 2

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4430	0,0000
A_4	$-0,3390 \times 10^{-2}$	$0,2690 \times 10^{-1}$
A_6	$0,4400 \times 10^{-4}$	$-0,9344 \times 10^{-2}$
A_8	$-0,1320 \times 10^{-3}$	$0,1405 \times 10^{-2}$
A_{10}	$0,2120 \times 10^{-4}$	$-0,5700 \times 10^{-4}$
A_{12}	$-0,1321 \times 10^{-4}$	0,0000
P_2	-4,9473	
P_4	-2,1749	
P_6	$1,5476 \times 10^{-1}$	
P_8	$4,2348 \times 10^{-2}$	
P_{10}	$-1,4462 \times 10^{-2}$	

Die Fig. 3A bis 3C zeigen Aberrationen dritter Ordnung des Objektivlinsensystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bei dem Standardbrechungsindex, wobei

Fig. 3A die sphärische Aberration SA und die Sinusbedingung SC bei der Wellenlänge 650 nm,

Fig. 3B die durch die sphärische Aberration dargestellte chromatische Aberration bei den Wellenlängen 650 nm, 642 nm und

Fig. 3C den Astigmatismus (S: Sagittal, M: Meridional) zeigt.

In den Fig. 3A und 3B bezeichnen die vertikalen Achsen die numerische Apertur NA, und in Fig. 3C gibt die vertikale Achse die Bildhöhe Y an. Die Einheit für die horizontalen Achsen der Fig. 3A bis 3C ist mm. Die Fig. 4A, 4B und 4C sind die den Fig. 3A, 3B und 3C entsprechenden Diagramme für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 geringer ist als der Standardwert. Bei einem Temperaturanstieg um 40°C ändert sich der Brechungsindex um 0,004.

In den Fig. 3A und 4A spiegelt der Unterschied zwischen den dort dargestellten Kurven wieder, daß die sphärische Aberration mit Abnahme des Brechungsindex, d. h. mit Ansteigen der Temperatur, in der überkorrigierten Richtung variiert. Der Unterschied in den Kurven der sphärischen Aberration bei 650 nm und 658 nm in Fig. 3B zeigt, daß das Beugungsgitter die sphärische Aberration mit Anstieg der Wellenlänge um 8 nm in der unterkorrigierten Richtung verändert. Ein Temperaturanstieg von 40°C läßt die Wellenlänge des von dem Halbleiterlaser ausgesendeten Laserstrahls um 8 nm ansteigen. Die Kurve der sphärischen Aberration bei 658 nm in Fig. 4B stellt so die sphärische Aberration der Objektivlinse 10 dar, wenn die Temperatur verglichen mit der Standardtemperatur um 40°C steigt.

Bei einem Temperaturanstieg kann also die durch die Änderung des Brechungsindex verursachte Änderung der sphärischen Aberration in der überkorrigierten Richtung mit der durch die Wellenlängenänderung verursachten Änderung der sphärischen Aberration in der unterkorrigierten Richtung ausgeglichen werden, wodurch ein Anstieg der Wellenfrontaberration ausgeschlossen werden kann. Da der Anstieg der Temperatur den Brechungsindex der Objektivlinse absenkt, bewegt sich die beste Fokusposition der Objektivlinse so, daß die hintere Schnittweite anwächst. Die Bewegung der be-

sten Fokusposition kann durch den Fokussiermechanismus des optischen Abnehmers kompensiert werden.

Der paraxiale Brennpunkt bewegt sich so, daß die hintere Schnittweite mit Anstieg der Wellenlänge des auftreffenden Lichtes größer wird. Die durch eine Wellenlängenverschiebung von +8 nm verursachte Bewegung des paraxialen Brennpunktes ΔCA spiegelt sich in der Breite zwischen den unteren Enden der Kurven für 650 nm und 658 nm wieder. Die durch die Wellenlängenverschiebung von +8 nm verursachte Variation der sphärischen Aberration für die Randstrahlen ΔSA spiegelt sich in der Breite zwischen dem oberen Ende der Kurve für 658 nm und dem oberen Ende einer Kurve wieder, die sich aus einer Parallelverschiebung der Kurve für 650 nm ergibt. Die Kurve für 650 nm ist dabei so zu verschieben, daß ihr unteres Ende an das untere Ende der Kurve für 658 nm verschoben wird. Erfüllt das Verhältnis dieser Werte die Bedingung (2), so schneiden die Kurven für 658 nm und 642 nm in Fig. 3B die vertikale Achse, was impliziert, daß die durch die schnelle Wellenlängenverschiebung verursachte Bewegungsstrecke der besten Fokusposition vergleichsweise klein ist.

Ausführungsbeispiel 2

Fig. 5 zeigt das zweite Ausführungsbeispiel der Objektivlinse. Die numerischen Konstruktionsdaten des zweiten Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 3 angeführt. Die Tabelle 4 beinhaltet Kegelschnittkonstanten und Asphäritätskoeffizienten für die erste und die zweite Linsenfläche sowie Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 6A bis 6C zeigen unterschiedliche Aberrationen des zweiten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 7A bis 7C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 3

NA 0,6 $f=3,00$ mm $f_D=176,75$ mm $\omega=1,1^\circ$ $\lambda=650$ nm $h_{\max}=1,80$ mm

Fläche Nummer	r	d	n650	vd
#1	1,950	2,283	1,54082	55,6
#2	-6,239	1,372		
#3	∞	0,600	1,58030	29,9
#4	∞			

Tabelle 4

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4440	0,0000
A ₄	-0,3600x10 ⁻²	0,2696x10 ⁻¹
A ₆	0,4300x10 ⁻⁴	-0,9482x10 ⁻²
A ₈	-0,1350x10 ⁻³	0,1446x10 ⁻²
A ₁₀	0,2045x10 ⁻⁴	-0,6138x10 ⁻⁴
A ₁₂	-0,1330x10 ⁻⁴	0,0000
P ₂	-4,3520	
P ₄	-2,3161	
P ₆	1,7724x10 ⁻¹	
P ₈	3,9988x10 ⁻²	
P ₁₀	-1,4133x10 ⁻²	

Ausführungsbeispiel 3

Fig. 8 zeigt das dritte Ausführungsbeispiel der Objektlinse. In Tabelle 5 sind die numerischen Konstruktionsdaten des dritten Ausführungsbeispiels angeführt.

Tabelle 6 beinhaltet die Kegelschnittkonstanten und die Asphärizitätskoeffizienten für die erste und die zweite Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 9A bis 9C zeigen unterschiedliche Aberrationen des dritten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 10A und 10C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 5

NA 0,6 f=3,00 mm f_D=∞ ω=1,1° λ=635 nm h_{max}=1,80 mm

Fläche Nummer	r	d	n ₆₃₅	vd
#1	1,939	2,404	1,54142	55,6
#2	-5,649	1,372		
#3	∞	0,600	1,58139	29,9
#4	∞			

Tabelle 6

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4400	0,0000
A ₄	-0,2690x10 ⁻²	0,3000x10 ⁻¹
A ₆	-0,6470x10 ⁻³	-0,1053x10 ⁻¹
A ₈	-0,8470x10 ⁻⁴	0,1587x10 ⁻²
A ₁₀	0,1870x10 ⁻⁴	-0,6427x10 ⁻⁴
A ₁₂	-0,1303x10 ⁻⁴	0,0000
P ₂	0,0000	
P ₄	-1,1941	
P ₆	-3,9226x10 ⁻¹	
P ₈	8,6513x10 ⁻²	
P ₁₀	-1,1890x10 ⁻²	

Die Objektivlinse des dritten Ausführungsbeispiels ist hinsichtlich der longitudinalen chromatischen Aberration nicht kompensiert und deshalb für einen Nur-Lese-Abnehmer geeignet. Der zweite Beugungskoeffizient P₂, der die paraxiale Linsenwirkung angibt, ist in dem dritten Ausführungsbeispiel Null. Dies bedeutet, daß keine Kompensation der longitudinalen chromatischen Aberration erfolgt. Da bei dem Nur-Lese-Abnehmer kein schneller Wechsel der Wellenlänge des Lasers vorkommt, ist eine Kompensation der longitudinalen chromatischen Aberration nicht erforderlich. Wird die longitudinale chromatische Aberration nicht kompensiert, so kann die Anzahl der Ringe des Beugungsgitters verringert und damit auf unnötige Ordnungen des Beugungslichtes verzichtet werden, wodurch die Beugungseffizienz ansteigt.

Ausführungsbeispiel 4

Fig. 11 zeigt das vierte Ausführungsbeispiel der Objektivlinse. Die numerischen Konstruktionsdaten des vierten Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 7 angeführt.

Tabelle 8 beinhaltet die Kegelschnittkonstanten und die Asphäritätskoeffizienten für die erste und die zweite Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 12A bis 12C zeigen unterschiedliche Aberrationen des vierten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 13A bis 13C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 7

NA 0,6 f=3,00 mm f_D=176,84 mm ω=1,1° λ=635 nm h_{max}=1,80 mm

Fläche Nummer	r	d	n ₆₃₅	vd
#1	1,951	2,280	1,54142	55,6
#2	-6,271	1,372		
#3	∞	0,600	1,58139	29,9
#4	∞			

Tabelle 8

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4450	0,0000
A_4	$-0,3600 \times 10^{-2}$	$0,2682 \times 10^{-1}$
A_6	$0,4750 \times 10^{-4}$	$-0,9450 \times 10^{-2}$
A_8	$-0,1338 \times 10^{-3}$	$0,1453 \times 10^{-2}$
A_{10}	$0,2035 \times 10^{-4}$	$-0,6590 \times 10^{-4}$
A_{12}	$-0,1330 \times 10^{-4}$	0,0000
P_2	-4,4525	
P_4	-2,3918	
P_6	$1,8316 \times 10^{-1}$	
P_8	$4,1327 \times 10^{-2}$	
P_{10}	$-1,4564 \times 10^{-2}$	

Ausführungsbeispiel 5

Fig. 14 zeigt das fünfte Ausführungsbeispiel der Objektivlinse. Die numerischen Konstruktionsdaten des fünften Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 9 angeführt. In Tabelle 10 sind die Kegelschnittkonstanten und die Asphärizitätskoeffizienten für die erste und die zweite Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters angeführt.

Die Fig. 15A bis 15C zeigen unterschiedliche Aberrationen des fünften Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 16A bis 16C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 9

NA 0,55 $f=3,00$ mm $f_D=303,52$ mm $\omega=1,1^\circ$ $\lambda=680$ nm $h_{\max}=1,65$ mm

Fläche Nummer	r	d	n680	vd
#1	1,976	1,909	1,53972	55,6
#2	-6,234	1,211		
#3	∞	1,200	1,57834	29,9
#4	∞			

Tabelle 10

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4440	0,0000
A ₄	$-0,3680 \times 10^{-2}$	$0,2153 \times 10^{-1}$
A ₆	$-0,4200 \times 10^{-5}$	$-0,7695 \times 10^{-2}$
A ₈	$-0,1450 \times 10^{-3}$	$0,1369 \times 10^{-2}$
A ₁₀	$-0,1120 \times 10^{-4}$	$-0,1035 \times 10^{-3}$
A ₁₂	$-0,8440 \times 10^{-5}$	0,0000
P ₂	-2,4225	
P ₄	-2,5346	
P ₆	$2,7193 \times 10^{-1}$	
P ₈	$4,6383 \times 10^{-3}$	
P ₁₀	$-8,6672 \times 10^{-3}$	

Ausführungsbeispiel 6

Fig. 17 zeigt das sechste Ausführungsbeispiel der Objektivlinse. Die numerischen Konstruktionsdaten des sechsten Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 11 angeführt. Tabelle 12 beinhaltet die Kegelschnittkonstanten und die Asphäritätskoeffizienten der ersten und der zweiten Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 18A bis 18C zeigen unterschiedliche Aberrationen des sechsten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 19A bis 19C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 11

NA 0,55 $f=3,00$ mm $f_D=303,53$ mm $\omega=1,1^\circ$ $\lambda=680$ nm $h_{\max}=1,65$ mm

Fläche Nummer	r	d	n ₆₈₀	vd
#1	1,976	1,909	1,53972	55,6
#2	-6,234	1,211		
#3	∞	1,200	1,57834	29,9
#4	∞			

Tabelle 12

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4440	0,0000
A ₄	-0,2980x10 ⁻²	0,2153x10 ⁻¹
A ₆	-0,5490x10 ⁻³	-0,7695x10 ⁻²
A ₈	-0,3260x10 ⁻⁴	0,1369x10 ⁻²
A ₁₀	-0,5550x10 ⁻⁴	-0,1035x10 ⁻³
A ₁₂	-0,4220x10 ⁻⁵	0,0000
P ₂	-2,4225	
P ₄	-2,0000	
P ₆	-1,2000x10 ⁻¹	
P ₈	4,5000x10 ⁻²	
P ₁₀	-1,8000x10 ⁻²	

Ausführungsbeispiel 7

Fig. 20 zeigt das siebte Ausführungsbeispiel der Objektivlinse. Die numerischen Konstruktionsdaten des siebten Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 13 angeführt. Tabelle 14 beinhaltet die Kegelschnittkonstanten und die Asphäritätskoeffizienten der ersten und der zweiten Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 21A bis 21 C zeigen unterschiedliche Aberrationen des siebten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 22A bis 22C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex um 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 13

NA 0,55 f=3,00 mm f_D=272,33 mm ω=1,1° λ=680 nm h_{max}=1,65 mm

Fläche Nummer	r	d	n ₆₈₀	vd
#1	1,976	1,909	1,53972	55,6
#2	-6,234	1,211		
#3	∞	1,200	1,57834	29,9
#4	∞			

Tabelle 14

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,4440	0,0000
A ₄	-0,2470x10 ⁻²	0,2153x10 ⁻¹
A ₆	-0,4880x10 ⁻³	-0,7695x10 ⁻²
A ₈	-0,5420x10 ⁻⁴	0,1369x10 ⁻²
A ₁₀	-0,4440x10 ⁻⁴	-0,1035x10 ⁻³
A ₁₂	-0,5100x10 ⁻⁵	0,0000
P ₂	-2,7000	
P ₄	-1,6000	
P ₆	-1,0000x10 ⁻¹	
P ₈	3,6000x10 ⁻²	
P ₁₀	-1,4000x10 ⁻²	

Ausführungsbeispiel 8

Fig. 23 zeigt das achte Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die numerischen Konstruktionsdaten des achten Ausführungsbeispiels sind in Tabelle 15 angeführt.

Tabelle 16 beinhaltet die Kegelschnittkonstanten und die Asphärizitätskoeffizienten der ersten und der zweiten Linsenfläche sowie die Beugungskoeffizienten des an der ersten Linsenfläche ausgebildeten Beugungsgitters.

Die Fig. 24A bis 24C zeigen unterschiedliche Aberrationen des achten Ausführungsbeispiels bei dem Standardbrechungsindex. Die Fig. 25A bis 25C zeigen die entsprechenden Aberrationen für den Fall, daß der Brechungsindex 0,004 kleiner ist als der Standardwert.

Tabelle 15

NA 0,55 f=3,00 mm f_D=200,00 mm ω=1,1° λ=680 nm h_{max}=1,65 mm

Fläche Nummer	r	d	n680	vd
#1	1,971	1,830	1,53972	55,6
#2	-6,621	1,245		
#3	∞	1,200	1,57834	29,9
#4	∞			

Tabelle 16

	Fläche #1	Fläche #2
K	-0,3400	0,0000
A ₄	-0,4480x10 ⁻²	0,1820x10 ⁻¹
A ₆	-0,4100x10 ⁻³	-0,4057x10 ⁻²
A ₈	-0,1110x10 ⁻³	0,1319x10 ⁻³
A ₁₀	0,3100x10 ⁻⁵	0,3965x10 ⁻⁴
A ₁₂	-0,1680x10 ⁻⁴	0,0000
P ₂	-3,6765	
P ₄	-1,6567	
P ₆	1,8186x10 ⁻²	
P ₈	3,3507x10 ⁻²	
P ₁₀	-1,1474x10 ⁻²	

Die folgende Tabelle 17 zeigt die Werte der Ausführungsbeispiele 1 bis 8 für die Bedingungen (1), (2) und (3). Da alle Ausführungsbeispiele die Bedingung (1) erfüllen, kann eine durch Temperaturänderung verursachte Verschlechterung der Wellenfrontaberration weitgehend vermieden werden. Auch die Bedingung (2), welche die durch eine schnelle Wellenlängenverschiebung verursachte Bewegung der besten Fokusposition verringert, ist in allen Ausführungsbeispielen erfüllt. Die Ausführungsbeispiele erfüllen mit Ausnahme des dritten Ausführungsbeispiels auch die Bedingung (3). Neben der guten Balance zwischen der Änderung der longitudinalen chromatischen Aberration und der durch die Wellenlängenverschiebung verursachten sphärischen Aberration kann bei diesen Ausführungsbeispielen deshalb die Bewegung der besten Fokusposition weiter verringert werden.

Tabelle 17

	Bedingung (1)	Bedingung (2)	Bedingung (3)
	$P_4 \times (h_{\max})^4 / (f \times NA^4)$	$\Delta CA / \Delta SA$	f_D / f
Ausführungsbeispiel 1	-58,72	-0,5	51,83
Ausführungsbeispiel 2	-62,53	-0,5	58,92
Ausführungsbeispiel 3	-32,24	-0,8	-
Ausführungsbeispiel 4	-64,58	-0,6	58,95
Ausführungsbeispiel 5	-68,43	-0,7	101,17
Ausführungsbeispiel 6	-54,00	-0,4	101,18
Ausführungsbeispiel 7	-43,20	-0,5	90,78
Ausführungsbeispiel 8	-44,73	-0,6	66,67

Fig. 26 zeigt die Abhängigkeit der Wellenfrontaberration von der Temperatur bei unterschiedlichen Wellenlängen für die Objektivlinse des fünften Ausführungsbeispiels. Die Standardwellenlänge für das fünfte Ausführungsbeispiel beträgt 680 nm. In Fig. 26 sind jedoch Wellenfrontaberrationen für fünf Wellenlängen (670 nm, 675 nm, 680 nm, 685 nm und 690 nm) gezeigt, so daß für die Halbleiterlaser individuelle Unterschiede zugelassen sind. Die feingepunktete Linie zeigt die Wellenfrontaberration einer Vergleichslinse, die ein Beugungsgitter hat, um die longitudinale chromatische Aberration zu kompensieren und die durch die Wellenlängenverschiebung verursachte Änderung der sphärischen Aberration zu verringern. Das Beugungsgitter der Vergleichslinse hat also keine Wellenlängenabhängigkeit hinsichtlich der sphäri-

schen Aberration.

In einem Bereich von $25^{\circ}\text{C} \pm 60^{\circ}\text{C}$ steigt die Wellenfrontaberration bei der Vergleichslinse auf über $0,035 \lambda$ an, während die Wellenfrontaberration des fünften Ausführungsbeispiels kleiner als $0,020 \lambda$ ist. Die Objektivlinse dieses Ausführungsbeispiels hat also eine Leistung, die für ein DVD-Gerät oder ein MO-Gerät ausreicht, bei denen ein striktes Toleranzniveau vorgeschrieben ist.

5

Patentansprüche

1. Objektivlinse (10) für einen optischen Abnehmer, mit einer brechenden Linse mit positiver Brechkraft und einem Beugungsgitter (11), das an mindestens einer Linsenfläche der brechenden Linse ausgebildet ist und mehrere konzentrische, ringförmige Stufen hat, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wellenlängenabhängigkeit des Beugungsgitters so bemessen ist, daß die sphärische Aberration mit anwachsender Wellenlänge des auftreffenden Lichtes in der unterkorrigierten Richtung variiert.

10

2. Objektivlinse (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die brechende Linse eine Kunststofflinse ist.

3. Objektivlinse (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die brechende Linse eine bikonvexe Linse mit asphärischen Linsenflächen ist.

15

4. Objektivlinse (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Bedingung (1) erfüllt ist:

$$-75,0 < P_4 \times (h_{\max})^4 / (f \times \text{NA}^4) \leq 25,0 \quad (1)$$

20

worin h_{\max} die maximale Höhe über der optischen Achse im effektiven Durchmesser, NA die numerische Apertur, f die Gesamtbrennweite von brechender Linse und Beugungsgitter (11) und P_4 ein Koeffizient vierter Ordnung ist, wenn eine durch das Beugungsgitter (11) zusätzlich verursachte optische Weglänge durch folgende optische Wegdifferenzfunktion $\Phi(h)$ festgelegt ist:

25

$$\Phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

worin P_2 ein Koeffizient zweiter Ordnung, P_6 ein Koeffizient sechster Ordnung, h die Höhe über der optischen Achse und λ die Wellenlänge des auftreffenden Lichtes ist.

30

5. Objektivlinse (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte longitudinale chromatische Aberration von brechender Linse und Beugungsgitter (11) so eingestellt ist, daß die hintere Schnittweite mit anwachsender Wellenlänge des auftreffenden Lichtes ansteigt, wobei folgende Bedingung (2) erfüllt ist:

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (2)$$

35

worin ΔCA die Bewegung des paraxialen Brennpunktes mit der Wellenlängenverschiebung und ΔSA die auf die Randstrahlen bezogene Variation der sphärischen Aberration mit der Wellenlängenverschiebung ist.

6. Objektivlinse (10) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß folgende Bedingung (2') erfüllt ist:

40

$$-0,7 < \Delta CA / \Delta SA \leq 0,5 \quad (2').$$

7. Objektivlinse (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (11) eine positive paraxiale Wirkung hat und folgende Bedingung (3) erfüllt ist:

45

$$40,0 < f_D / f < 140,0 \quad (3)$$

worin f die Gesamtbrennweite der Objektivlinse (10) und f_D die Brennweite des Beugungsgitters (11) ist, wobei f_D durch folgende Gleichung gegeben ist:

50

$$f_D = 1 / (-P_2 \times 2\lambda)$$

worin P_2 einen Koeffizienten zweiter Ordnung bezeichnet, wenn eine durch das Beugungsgitter (11) zusätzlich verursachte optische Weglänge durch folgende optische Wegdifferenzfunktion $\Phi(h)$ gegeben ist:

55

$$\Phi(h) = (P_2 h^2 + P_4 h^4 + P_6 h^6 + \dots) \times \lambda$$

worin P_4 ein Koeffizient vierter Ordnung, P_6 ein Koeffizient sechster Ordnung, h die Höhe über der optischen Achse und λ die Wellenlänge des auftreffenden Lichtes ist.

60

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

65

FIG. 1A

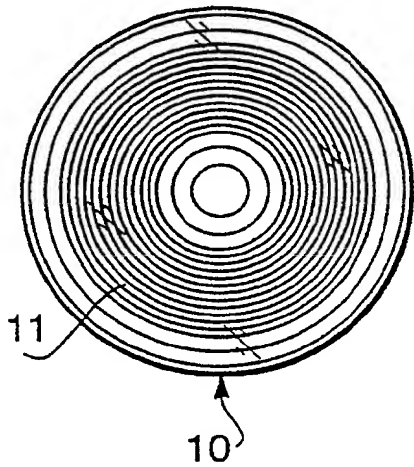


FIG. 1B

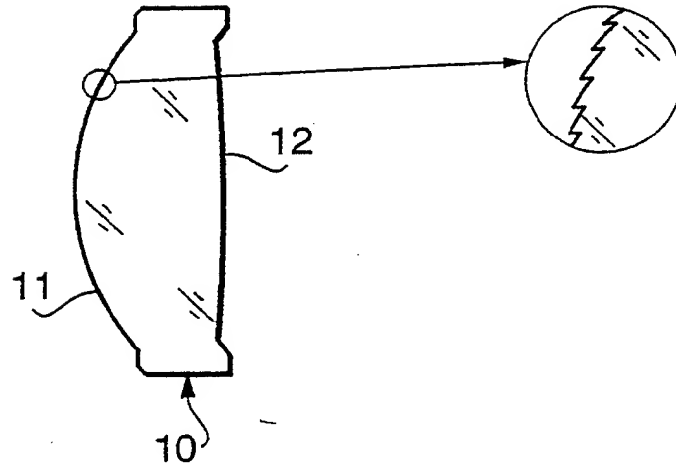


FIG. 1C

FIG. 2

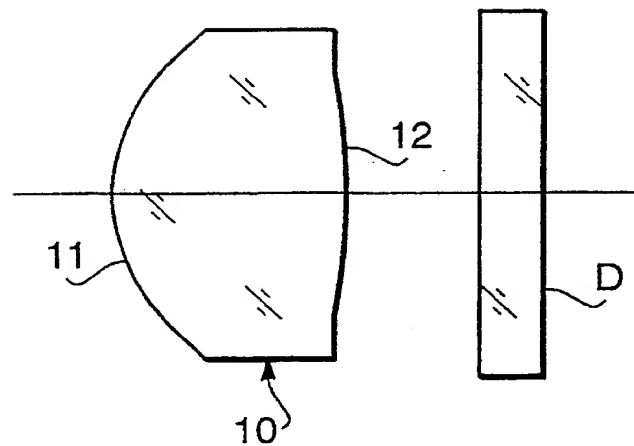


FIG. 3A

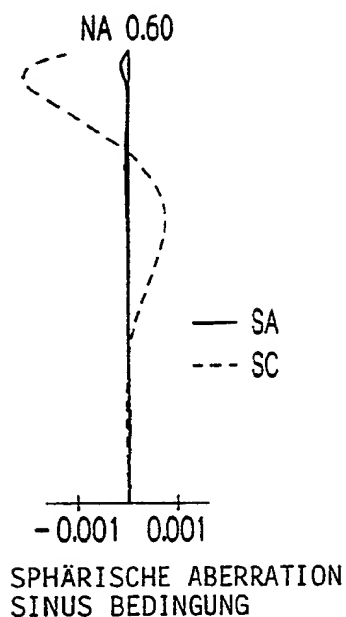


FIG. 3B

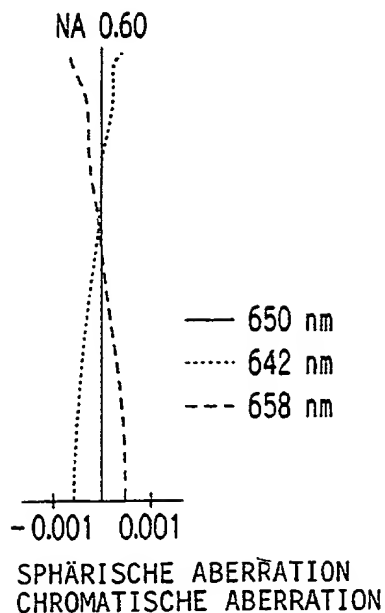


FIG. 3C

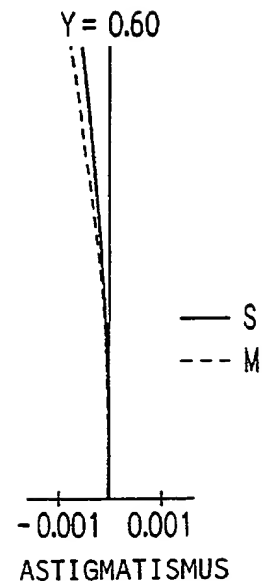


FIG. 4A

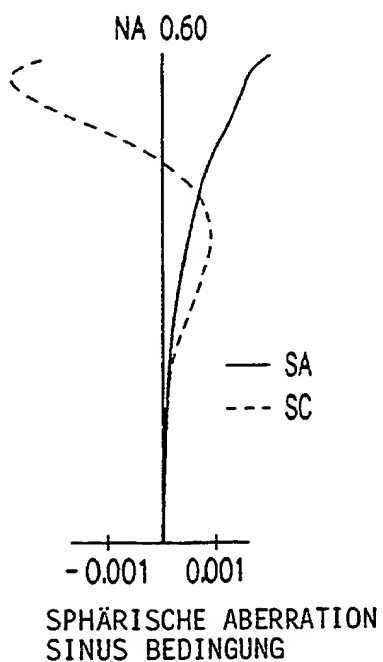


FIG. 4B

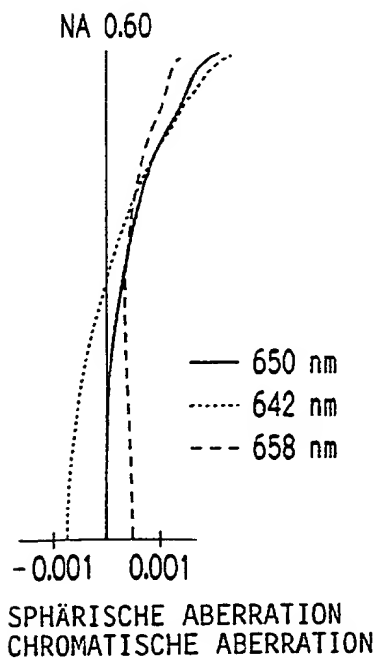


FIG. 4C

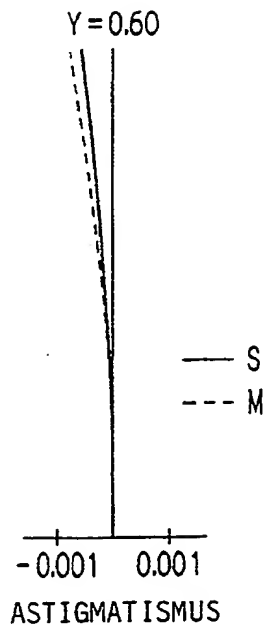


FIG. 5

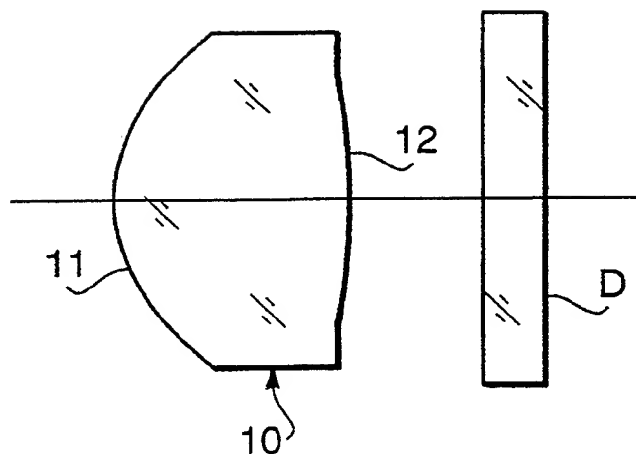


FIG. 6A

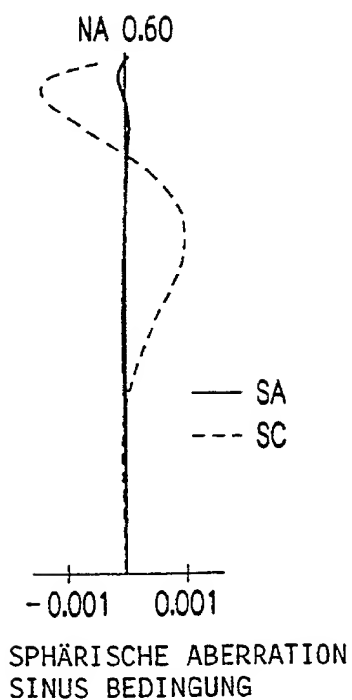


FIG. 6B

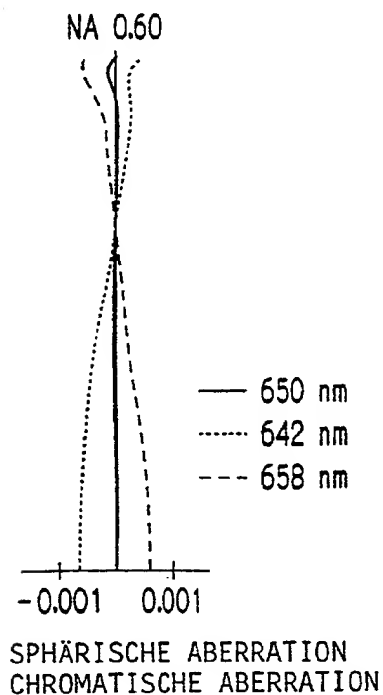


FIG. 6C

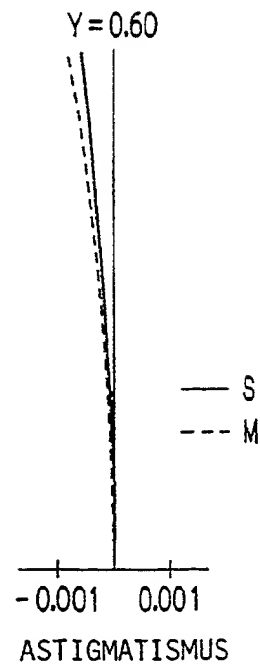


FIG. 7A

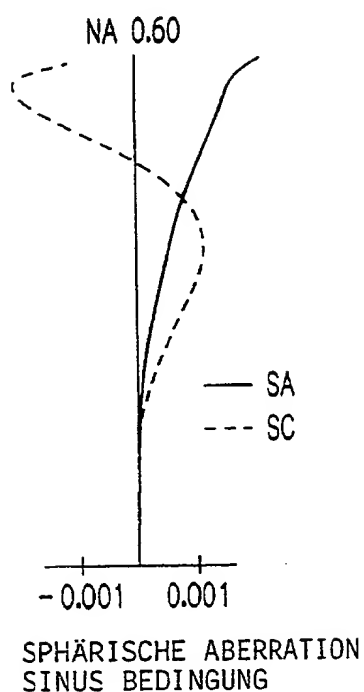


FIG. 7B

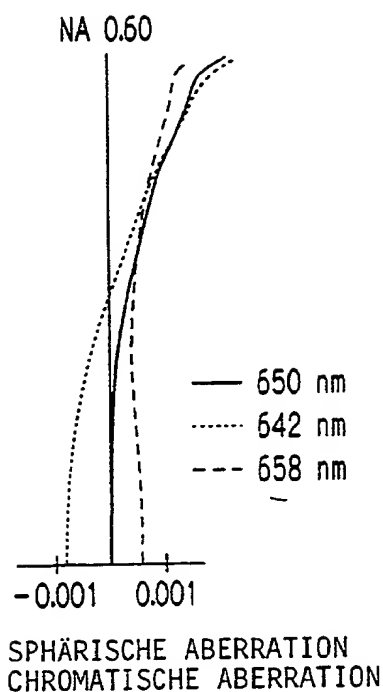


FIG. 7C

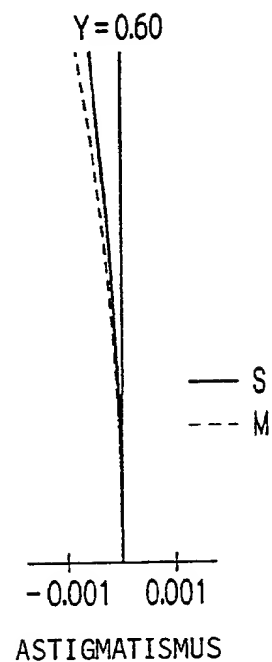


FIG. 8

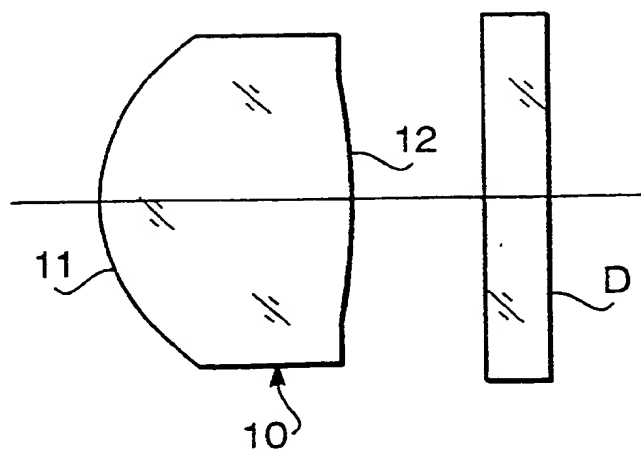


FIG. 9A

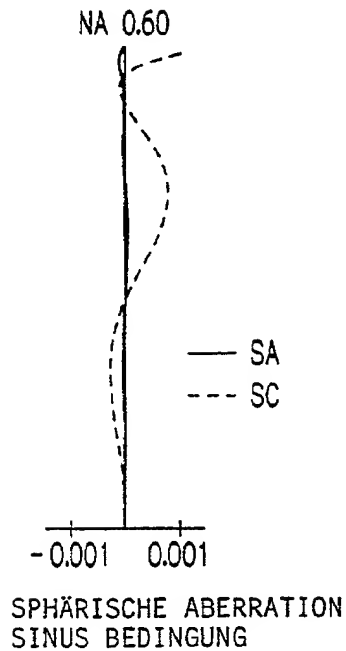


FIG. 9B

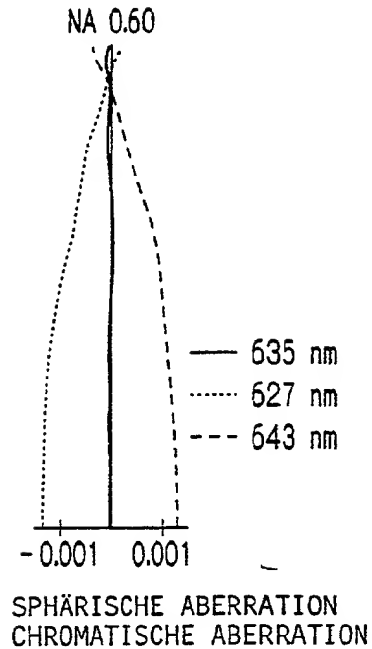


FIG. 9C

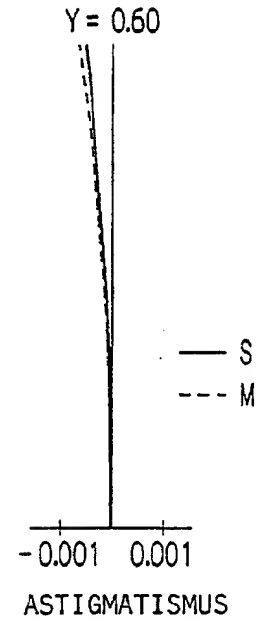


FIG. 10A

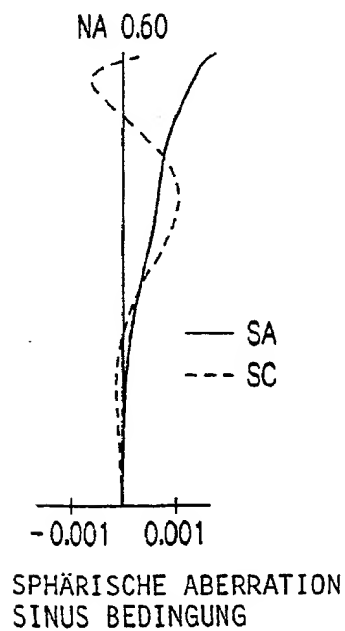


FIG. 10B

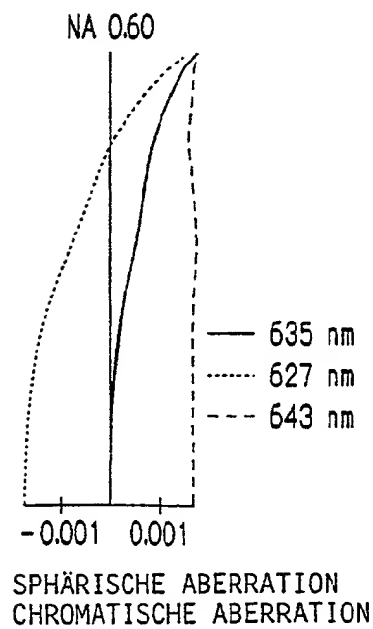


FIG. 10C

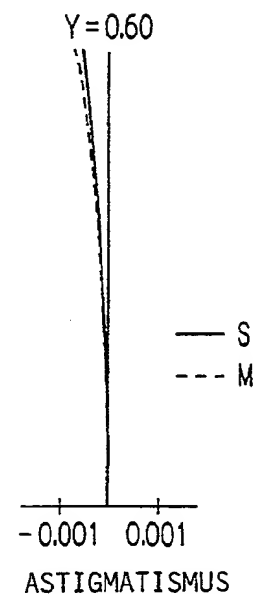


FIG. 11

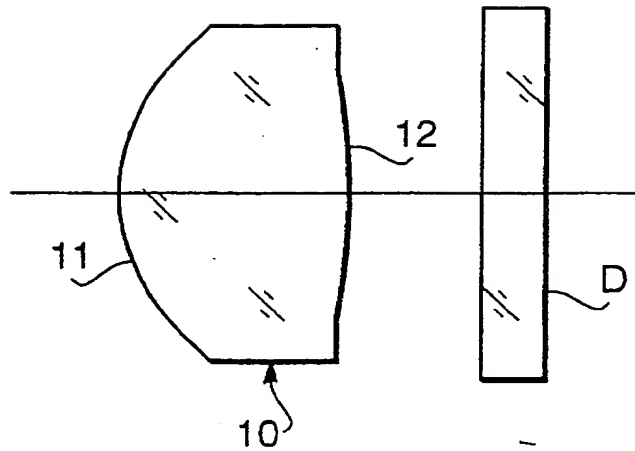


FIG. 12A

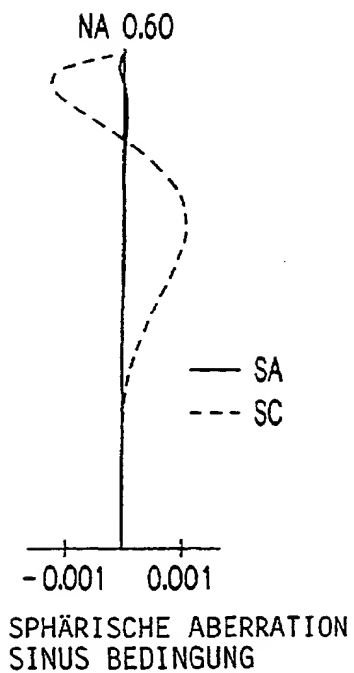


FIG. 12B

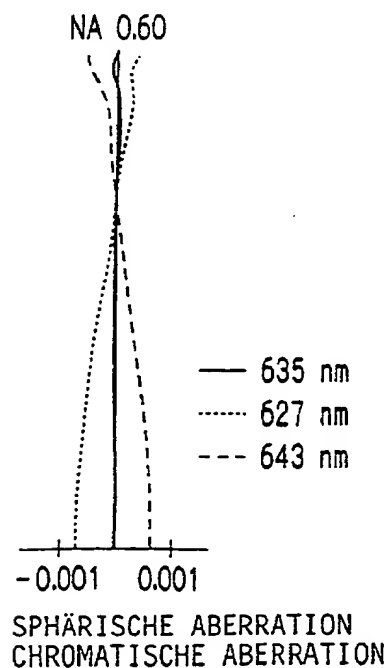


FIG. 12C

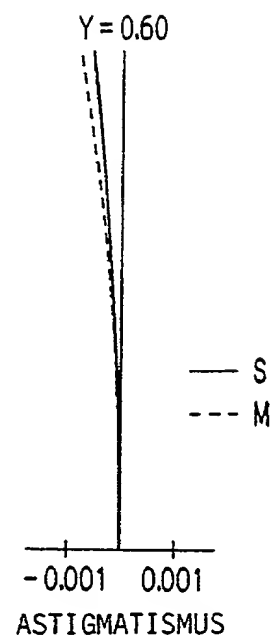


FIG. 13A

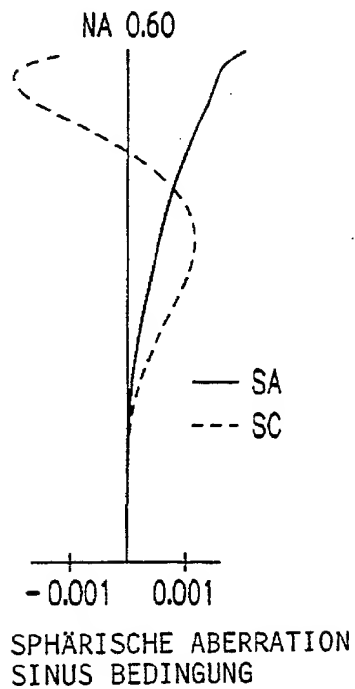


FIG. 13B

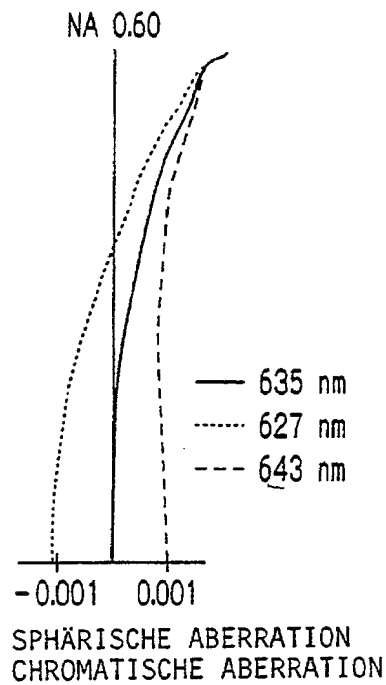


FIG. 13C

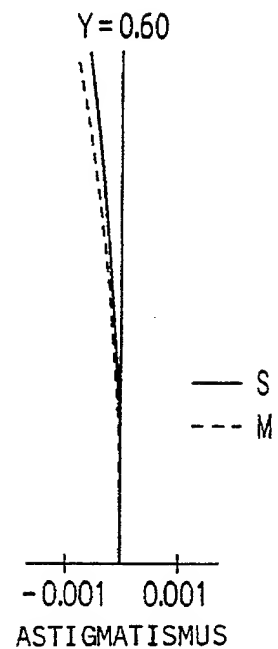


FIG. 14

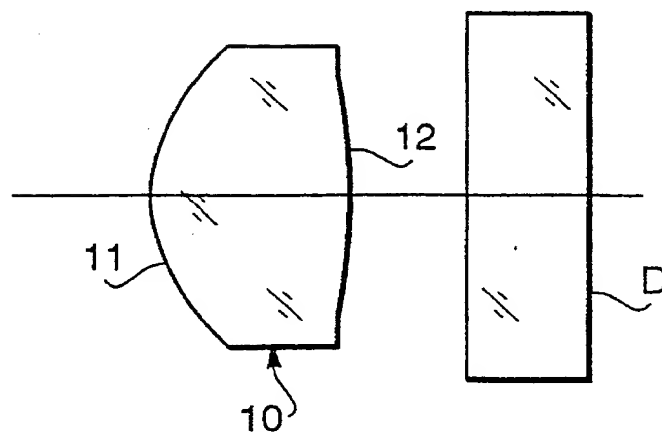


FIG. 15A

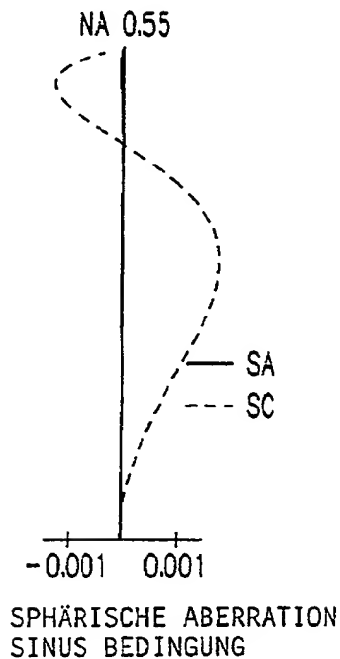


FIG. 15B

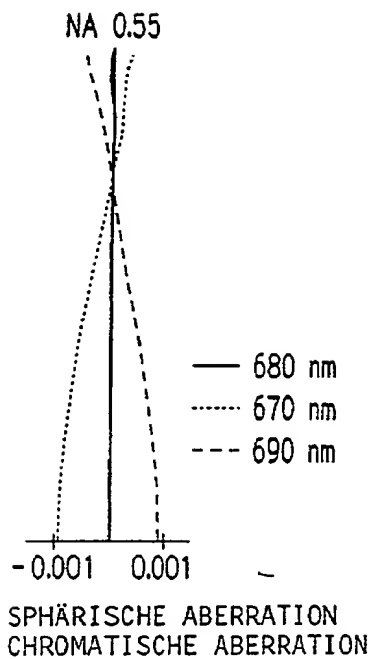


FIG. 15C

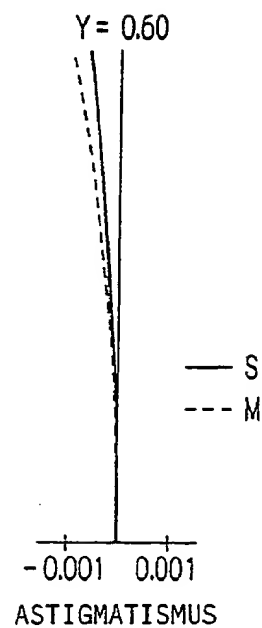


FIG. 16A

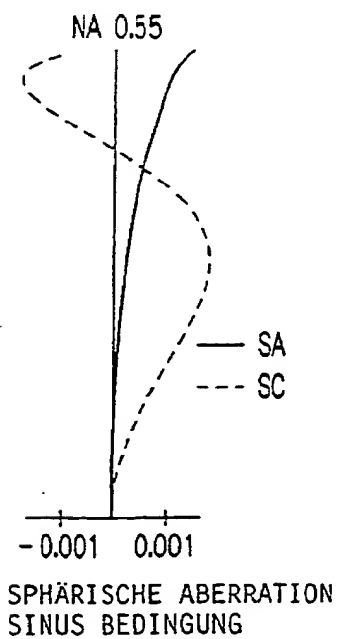


FIG. 16B

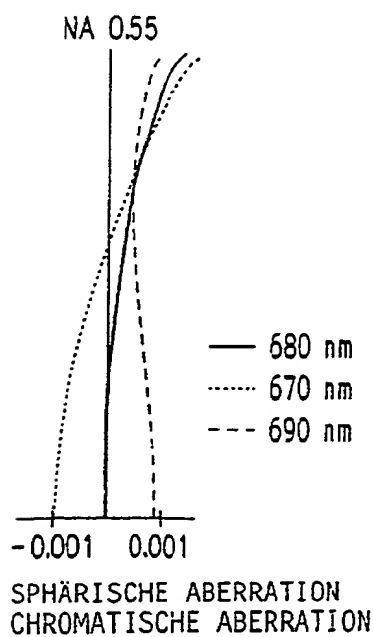


FIG. 16C

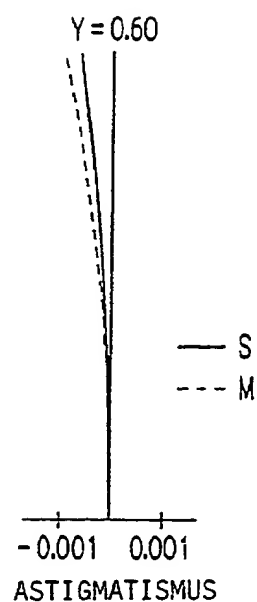


FIG. 17

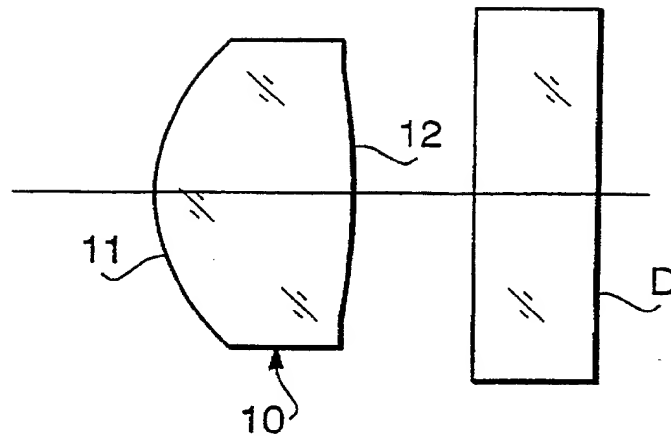


FIG. 18A

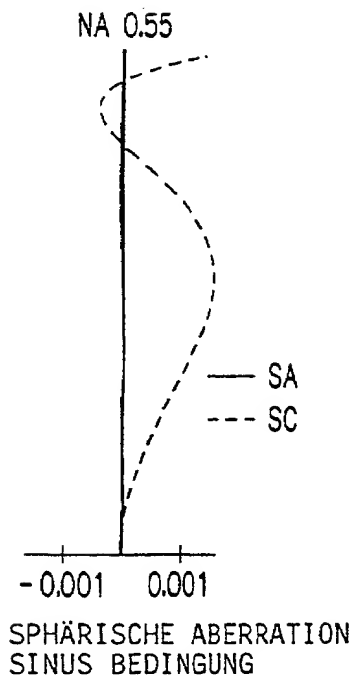


FIG. 18B

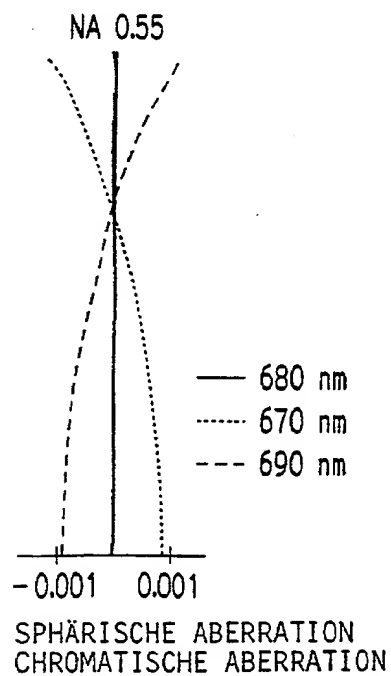


FIG. 18C

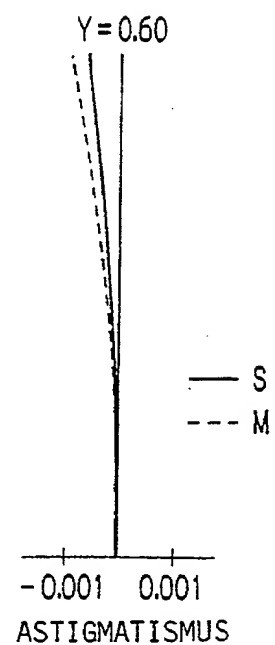


FIG. 19A

FIG. 19B

FIG. 19C

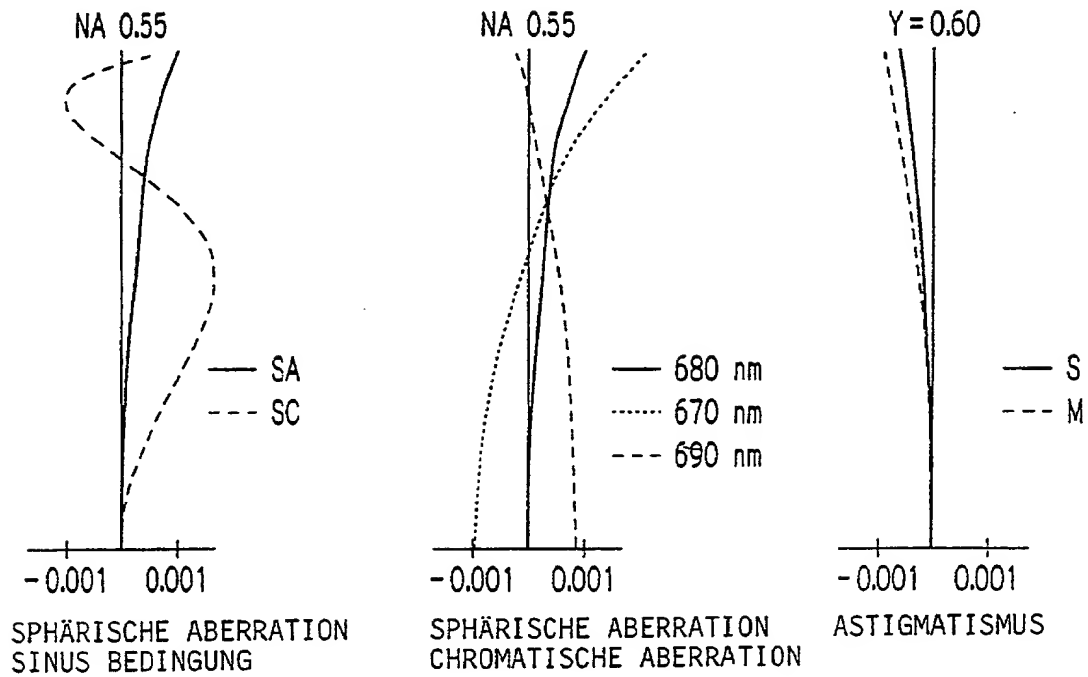


FIG. 20

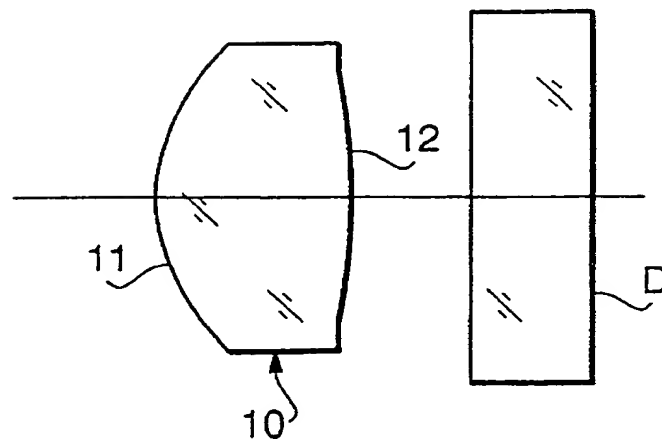
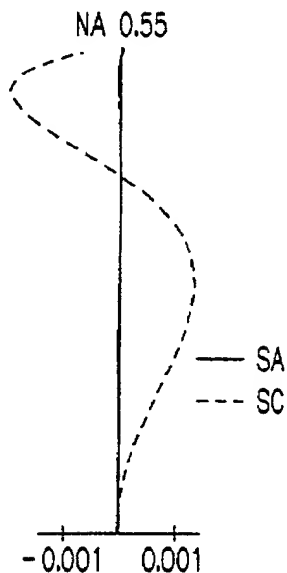
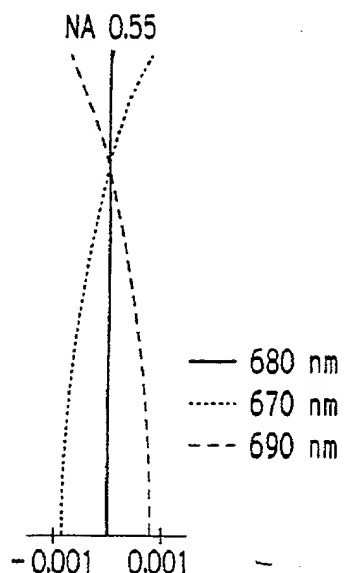


FIG. 21A



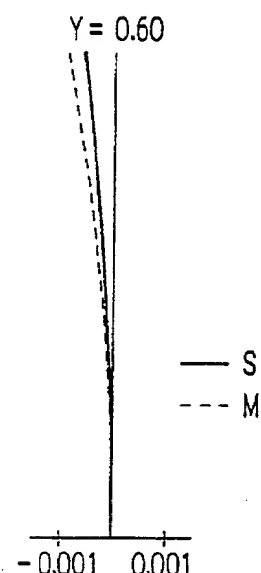
SPHÄRISCHE ABERRATION
SINUS BEDINGUNG

FIG. 21B



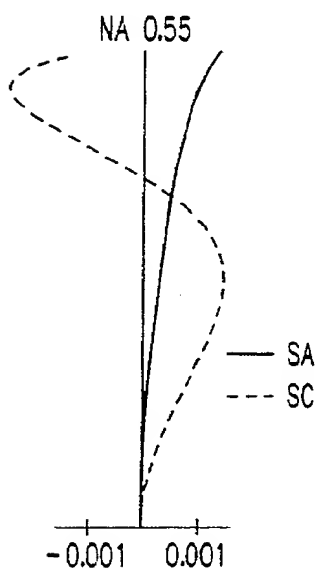
SPHÄRISCHE ABERRATION
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG. 21C



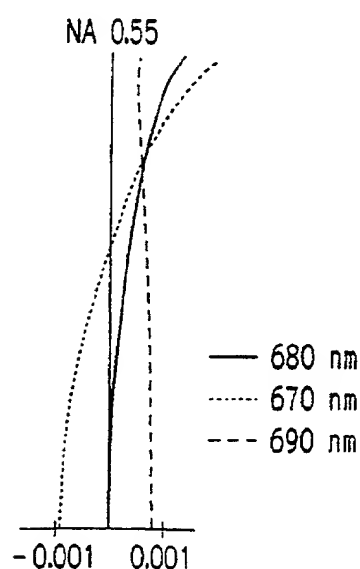
ASTIGMATISMUS

FIG. 22A



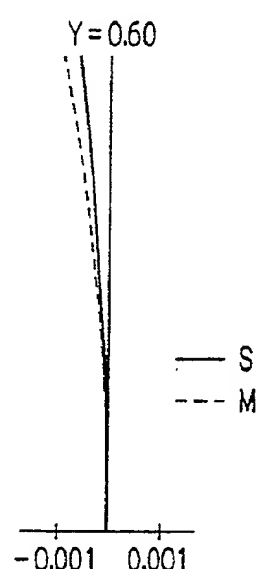
SPHÄRISCHE ABERRATION
SINUS BEDINGUNG

FIG. 22B



SPHÄRISCHE ABERRATION
CHROMATISCHE ABERRATION

FIG. 22C



ASTIGMATISMUS

FIG. 23

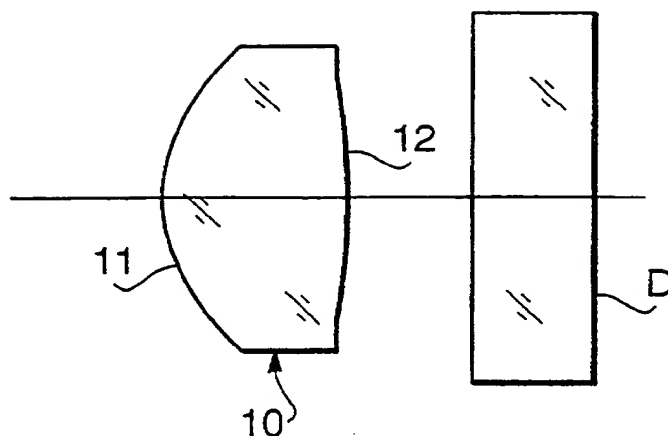


FIG. 24A

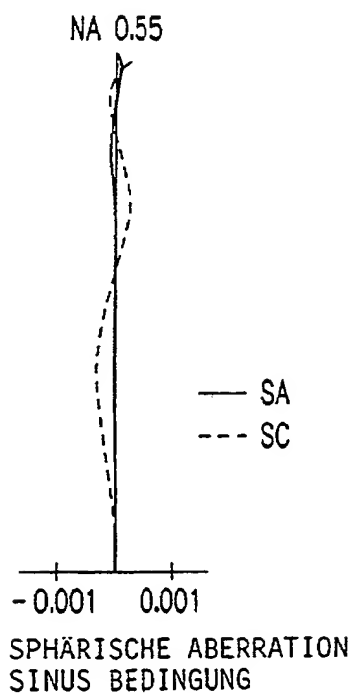


FIG. 24B

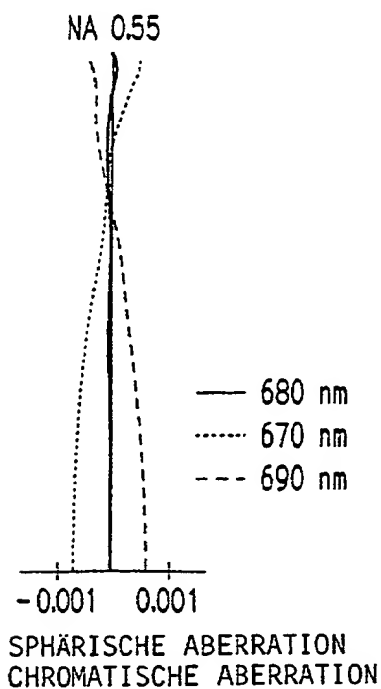


FIG. 24C

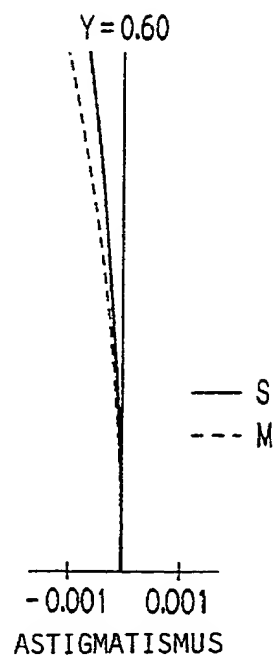


FIG. 25A

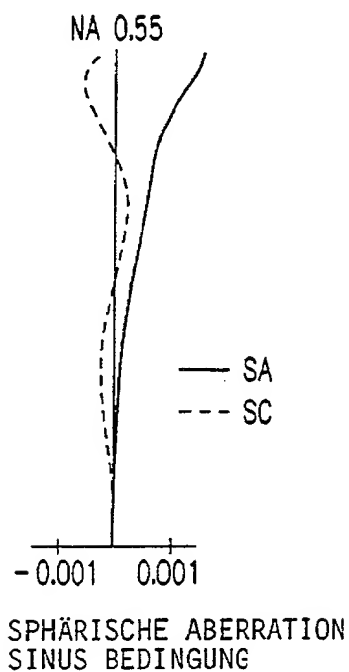


FIG. 25B

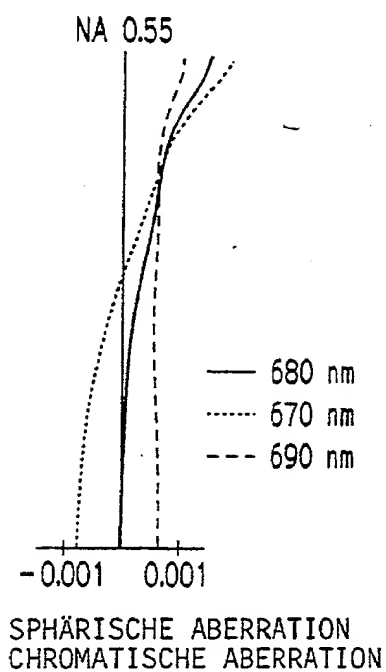


FIG. 25C

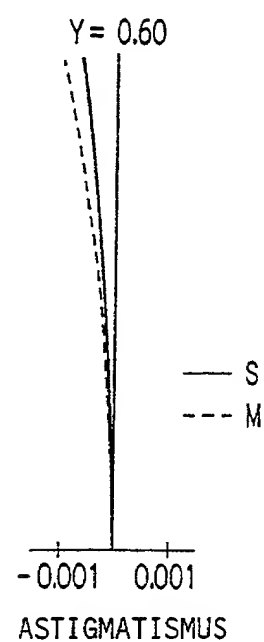


FIG. 26

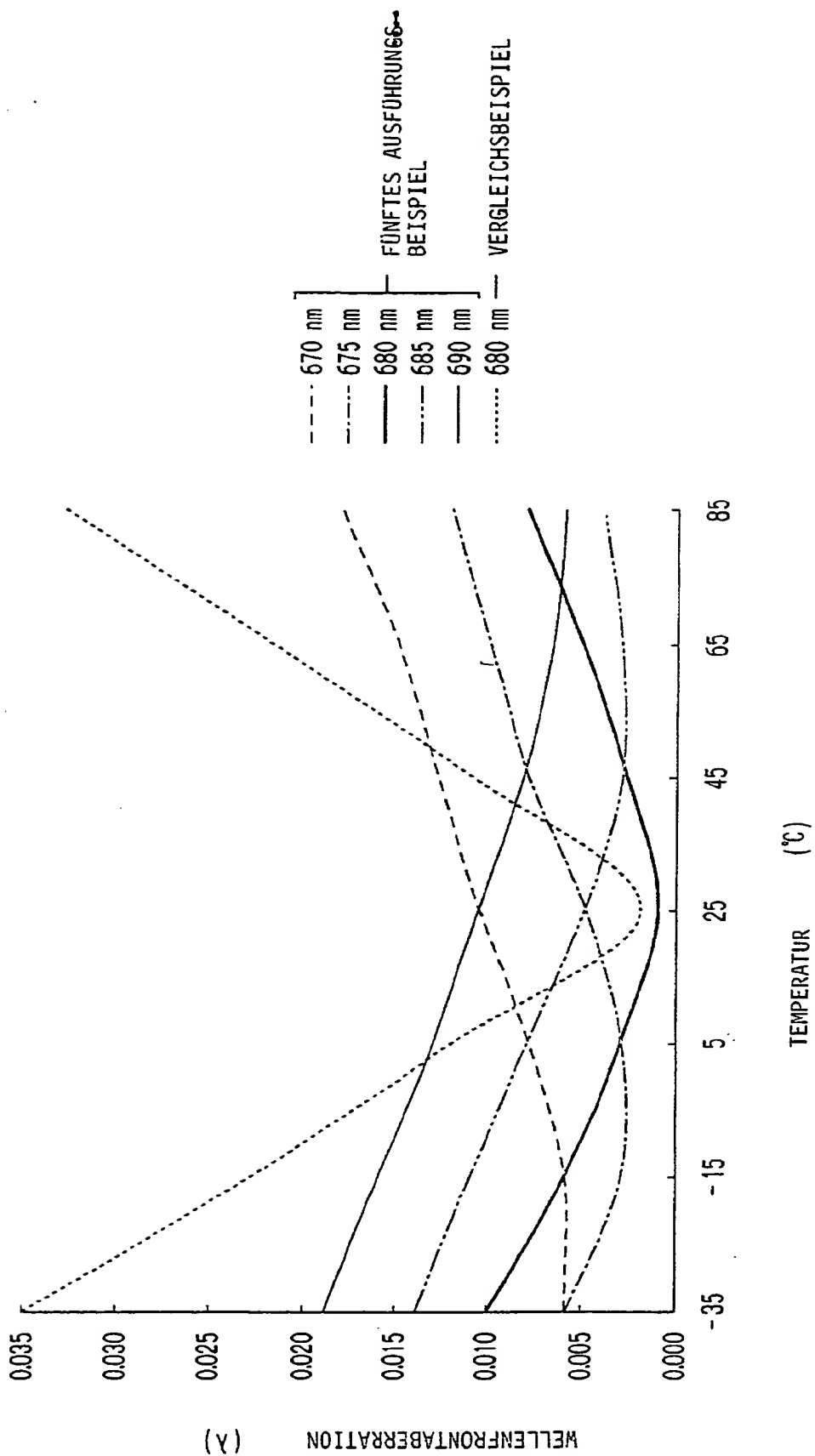


FIG. 27

